ESTRUCTURA CRISTALINA
(SISTEMAS Y PARÁMETROS DE LA RED)

Dr. Miguel Angel Caraballo Núñez, PhD

ESTRUCTURA CRISTALINA

Los cuerpos sólidos pueden agruparse en dos categorías:

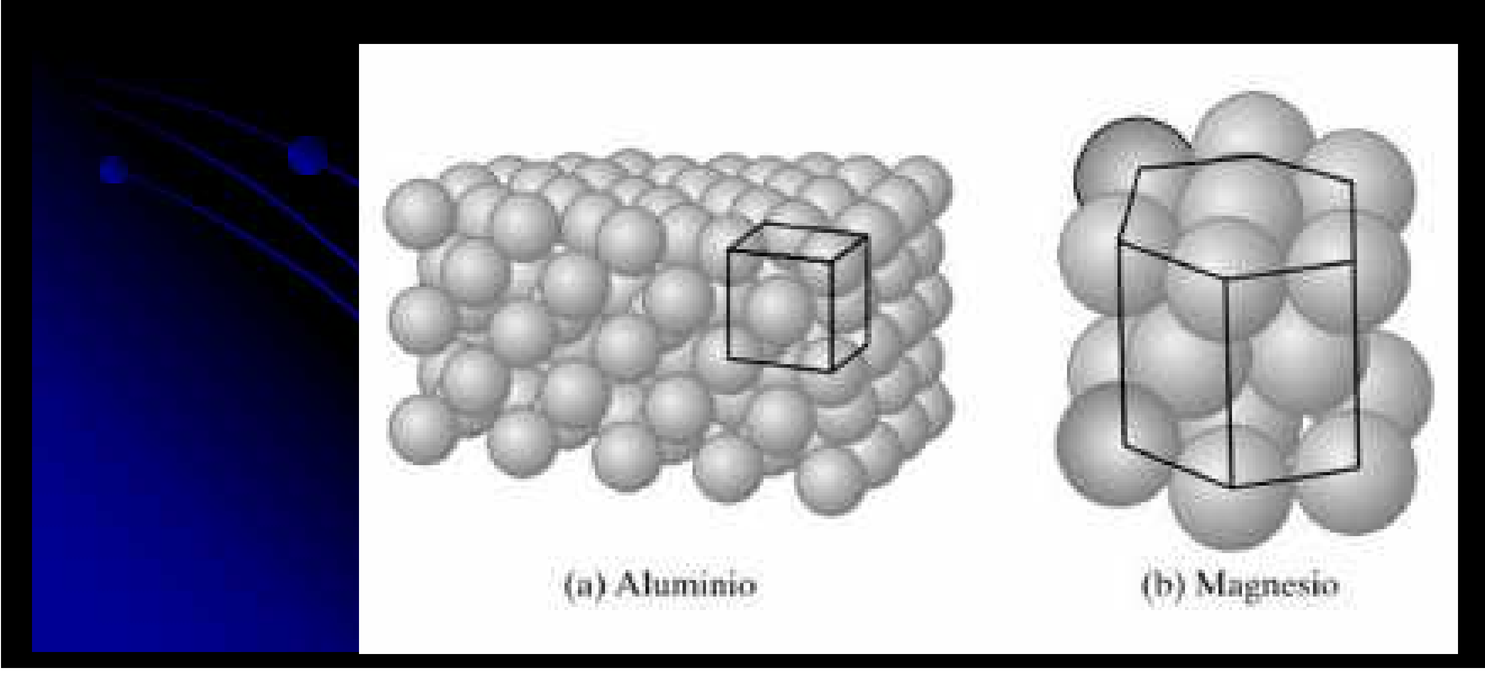
Cristalinos: **Aquellos que presentan un determinado orden geométrico de sus átomos y por tanto de los cristales, los cuales están dispuestos de una manera regular y repetitiva.**

Amorfos: **Aquellos que si bien son sólidos a la temperatura ambiente, no presentan un orden regular de sus moléculas sino que la distribución de éstas responde a las leyes del azar.**

La mayor parte de los materiales de ingeniería, a excepción de la mayoría de los vidrios y polímeros, son de naturaleza cristalina. Lo que quiere decir que poseen un arreglo ordenado repetitivo o periódico de átomos enlazados en las tres dimensiones.

ESTRUCTURA CRISTALINA

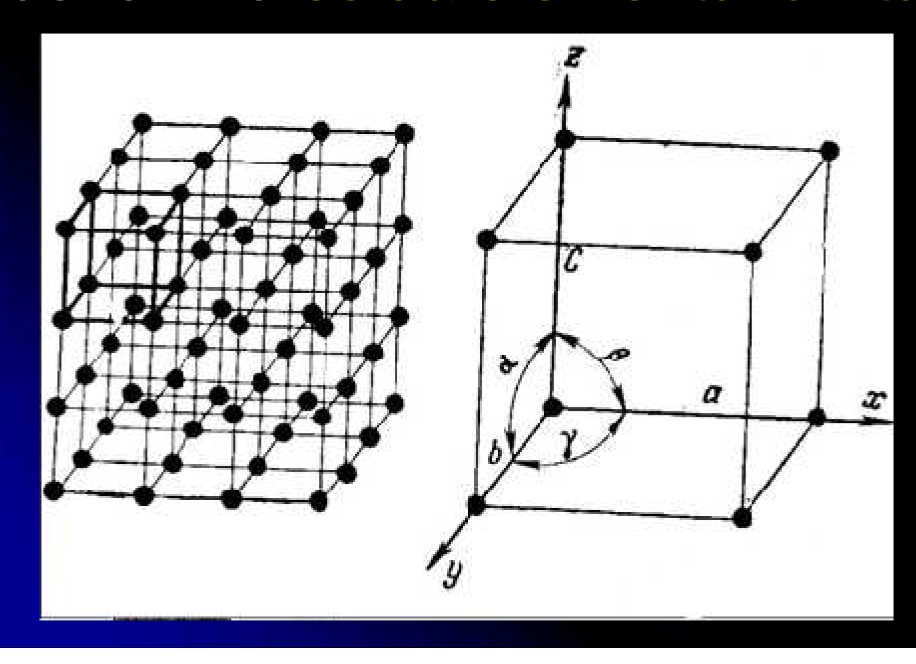
Para comprender las propiedades, o características observables, de los materiales para ingeniería, es necesario comprender su estructura a escala atómica y/o microscópica. Existe un tipo especial de arquitectura asociada a estas escalas diminutas: Esta arquitectura se representa en forma de un **cristal** como se observa en la siguiente fotografía tomada a nivel atómico a 10 000 000 de aumentos.



ESTRUCTURA CRISTALINA

Al agruparse los átomos ordenadamente en el espacio podemos considerar que determinan una red cristalina tridimensional en el espacio llamada red cristalina espacial, obtenida al unir todos los átomos entre si mediante rectas imaginarias.

Esa red cristalina espacial está constituida por una serie de celdas de simetría igual a la del **cristal**. La menor de estas celdas que posea los mismos elementos de simetría que el cristal se denomina ***celda elemental unitaria.***



La longitud de las aristas de la celda elemental unitaria y los ángulos entre los ejes cristalográficos se denominan constantes de red o parámetros de red. Estos son:

- ✓ Los lados a, b y c
- ✓ Los ángulos α, β y ɤ

PARÁMETOS DE LA ESTRUCTURA CRISTALINA

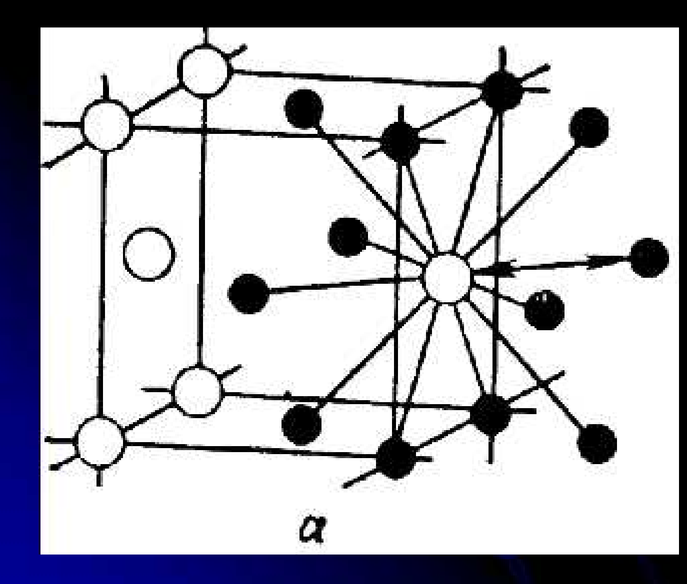
Las redes se caracterizan entre sí por los siguientes parámetros:

- ✓ **Parámetro o período de la red.**
- ✓ **Índice o número de coordinación.**
- ✓ **Número de átomos por celda.**
- ✓ **Grado de tetragonalidad.**
- ✓ **Factor de empaquetamiento.**

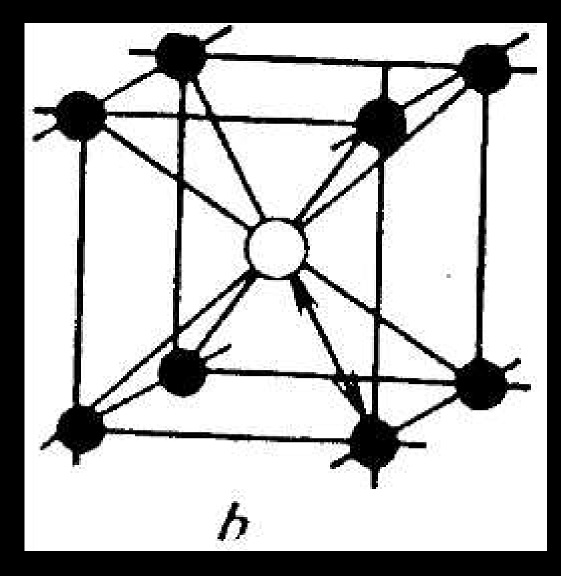
PARÁMETOS DE LA ESTRUCTURA CRISTALINA

***Parámetro o período de la red*: Es la distancia entre dos átomos seguidos. Se mide en Angstrom.**

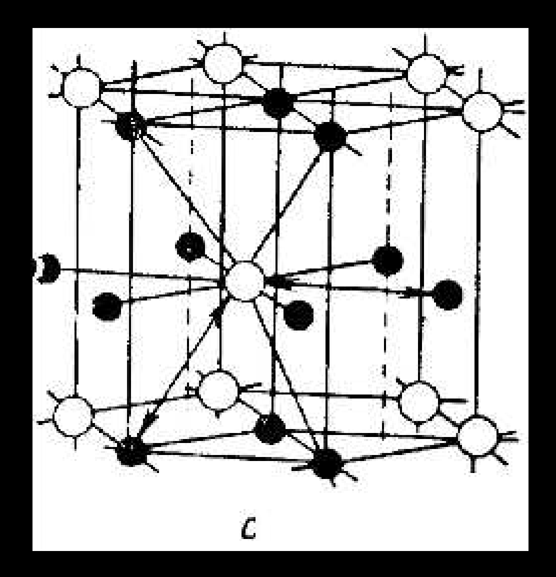
***Índice de coordinación*: Es el número de átomos que se encuentran a la misma y menor distancia de un átomo dado; es decir el número de átomos con los que está en contacto uno cualquiera de ellos.**



12



8

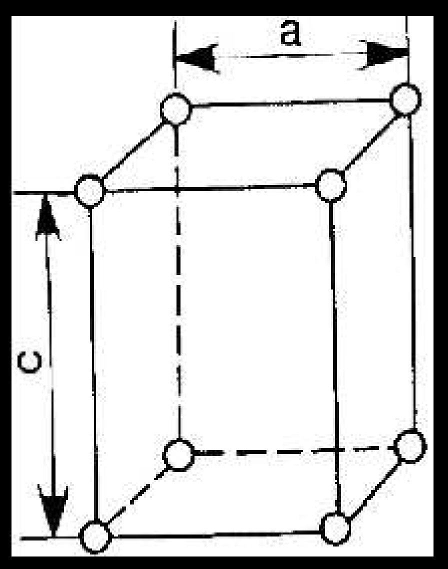


12

PARÁMETOS DE LA ESTRUCTURA CRISTALINA

Número de átomos por celda: **Es el número de átomos correspondientes a una celda elemental. En la red cúbica los átomos que se encuentran en los vértices pertenecen a 8 celdas elementales; por consiguiente cada átomo sólo aporta a una celda la octava parte de su volumen. El átomo central pertenece por completo a ella. Por lo tanto a una celda le corresponden: 1/8 * 8 + 1 = 2 átomos por cada celda.**

***Grado de tetragonalidad*:** **Es la relación entre los períodos c y a. Para c/a=1 tendremos celdas cúbicas. Cuando c es diferente de a; resulta c/a>1. En el caso que c/a=1,633; estamos en presencia de la red hexagonal**



FC.- Factor de Empaquetamiento

VS.-Volumen total de esferas

VC.- Volumen total de la celda elemental unitaria

Factor de empaquetamiento: Es la parte del espacio ocupado por los átomos (esferas de una red cristalina).

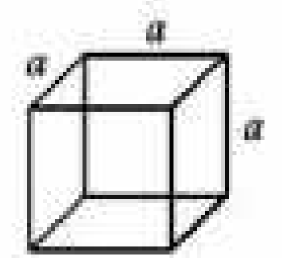
SISTEMAS CRISTALINOS

La característica clave de la celda elemental unitaria es que contiene una descripción completa de la estructura como un todo, ya que la estructura completa puede ser generada mediante el agolpamiento repetido de celdas unidad adosadas cara a cara a lo largo del espacio tridimensional. Todas las estructuras posibles se reducen a un pequeño número de geometrías de la celda unidad básica, que pueden disponerse de manera que rellenen completamente el espacio tridimensional. Estas diferentes geometrías se conocen como SISTEMAS CRISTALINOS:

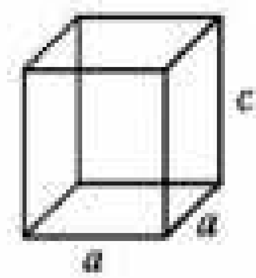
1. Cúbico
2. Tetragonal
3. Ortorrómbico
4. Romboédrico
5. Hexagonal
6. Monocíclico
7. Triclínico

SISTEMAS CRISTALINOS

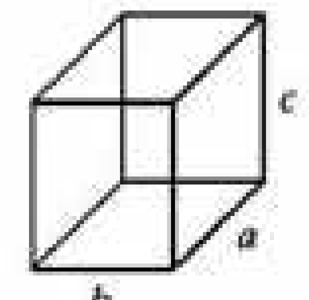
Cúbico $a = b = c,\ \alpha = \beta = \gamma = 90°$



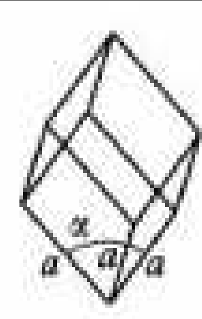
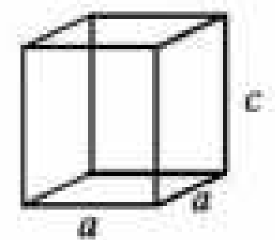
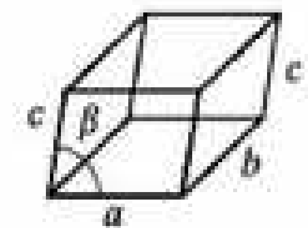
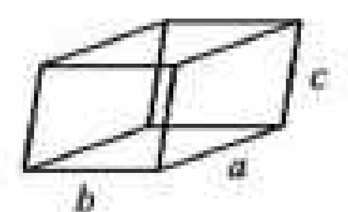
Tetragonal $a = b \neq c,\ \alpha = \beta = \gamma = 90°$



Ortorrómbico $a \neq b \neq c,\ \alpha = \beta = \gamma = 90°$



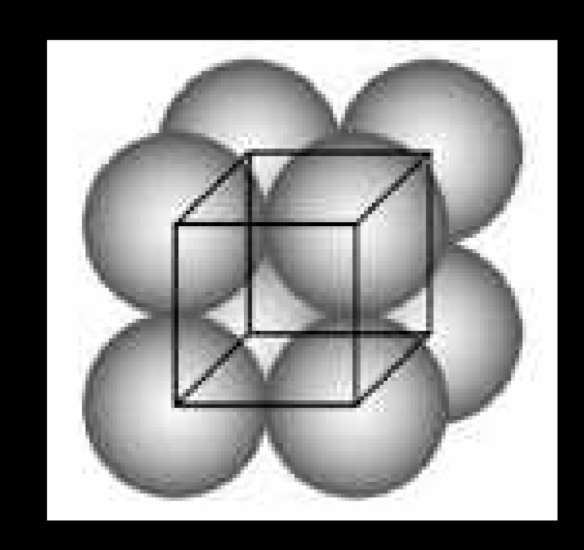
SISTEMAS CRISTALINOS

Romboédrico	$a = b = c,\ \alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	
Hexagonal	$a = b \neq c,\ \alpha = \beta = 90^\circ,\ \gamma = 120^\circ$	
Monocíclico	$a \neq b \neq c,\ \alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$	
Triclínico	$a \neq b \neq c,\ \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	

REDES CRISTALINAS

Considerando como pueden agruparse los átomos (vistos como esferas rígidas) dentro de una celda elemental unitaria, se debe tener en cuenta los puntos reticulares; estos son, puntos teóricos dispuestos periódicamente en el espacio tridimensional que dan lugar a redes, las cuales son agrupaciones de puntos con idénticos contornos en el espacio tridimensional. Estas redes son esqueletos sobre los que se construyen la estructura cristalina, situando átomos o grupos de átomos en los puntos reticulares o cerca de ellos.

La posibilidad más simple de una red cristalina, es la de la red cúbica simple. En este caso se sitúa un átomo en cada punto reticular.

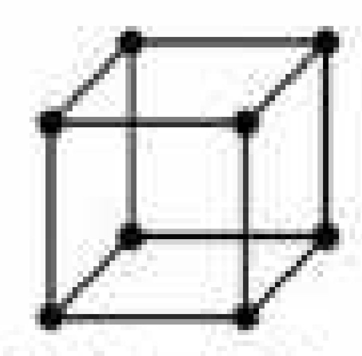


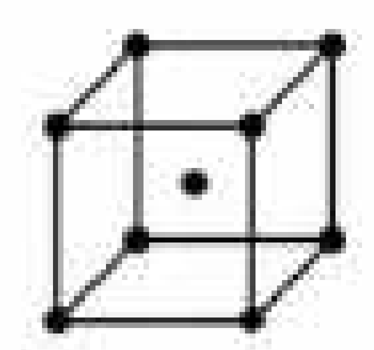
REDES CRISTALINAS

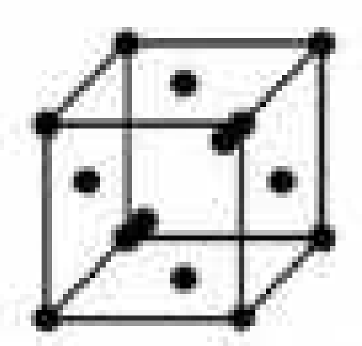
Las catorce posibles agrupaciones puntuales en el espacio dentro de una celda elemental unitaria, son conocidas como redes cristalinas, también denominadas como redes de Bravais, las cuales proporcionan las bases del conocimiento actual de la estructura atómica de los cristales. Estas son:

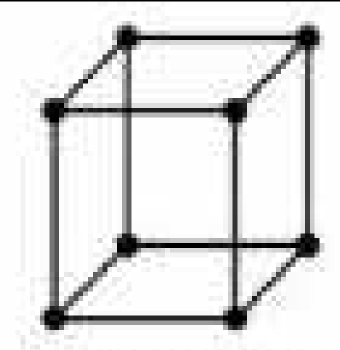
1. Red cúbica simple
2. Red cúbica centrada en el cuerpo
3. Red cúbica centrada en las caras
4. Red tetragonal simple
5. Red tetragonal centrada en el cuerpo
6. Red ortorrómbica simple
7. Red ortorrómbica centrada en el cuerpo
8. Red ortorrómbica centrada en las bases
9. Red ortorrómbica centrada en las caras,
10. Red romboédrica
11. Red hexagonal
12. Red monoclínica simple
13. Red monoclínica centrada en las bases
14. Red triclínica

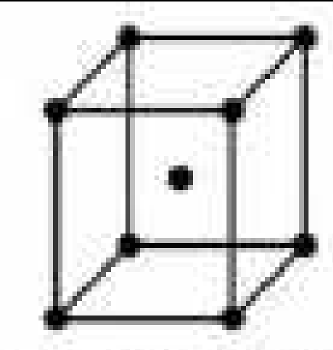
REDES CRISTALINAS


Cúbica simple

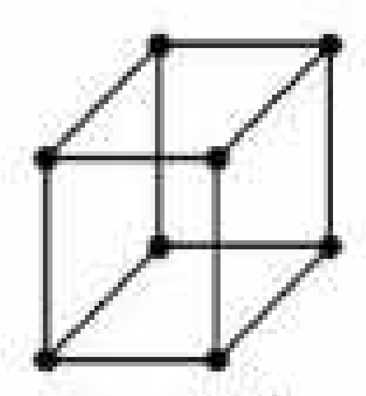

Cúbica centrada en el cuerpo


Cúbica centrada en las caras

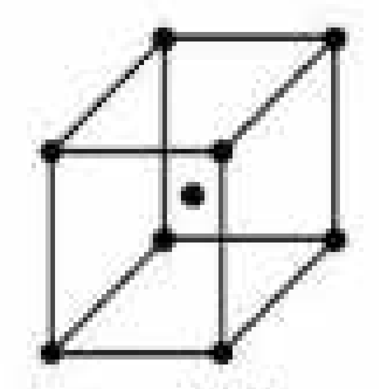

Tetragonal simple


Tetragonal centrada en el cuerpo

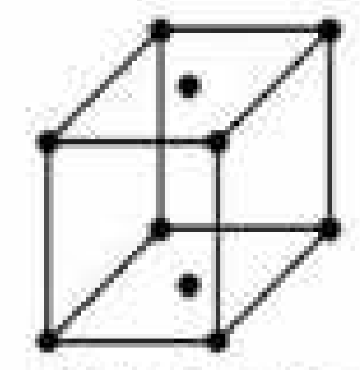
REDES CRISTALINAS



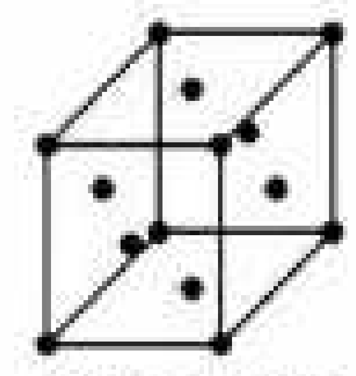
Ortorrómbica simple



Ortorrómbica centrada en el cuerpo

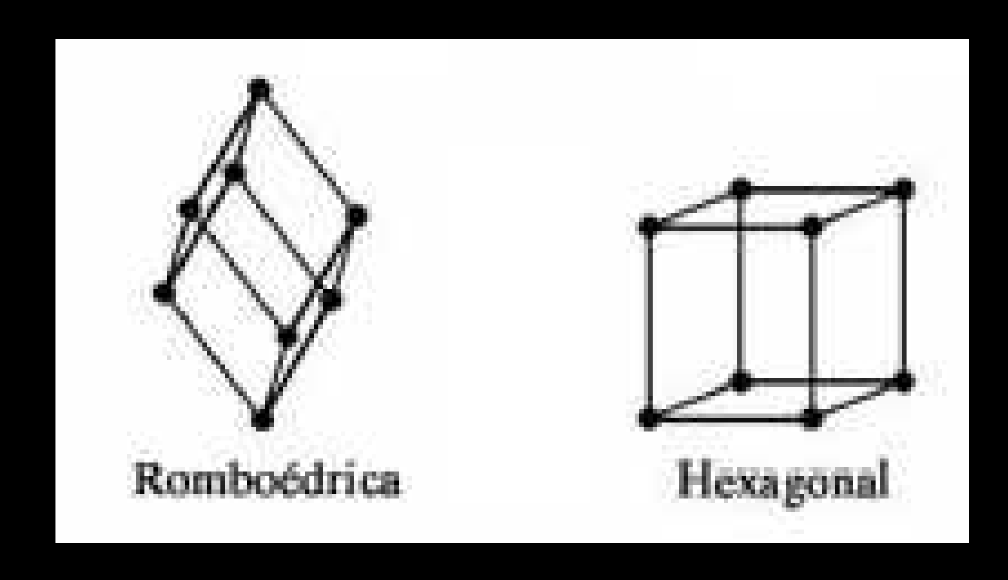


Ortorrómbica centrada en las bases



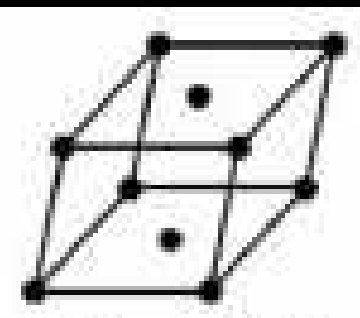
Ortorrómbica centrada en las caras

REDES CRISTALINAS

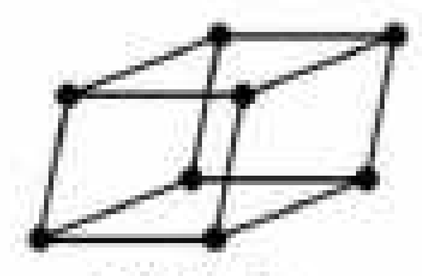








Monoclínica
centrada en las bases



Triclínica

ESTRUCTURA CRISTALINA

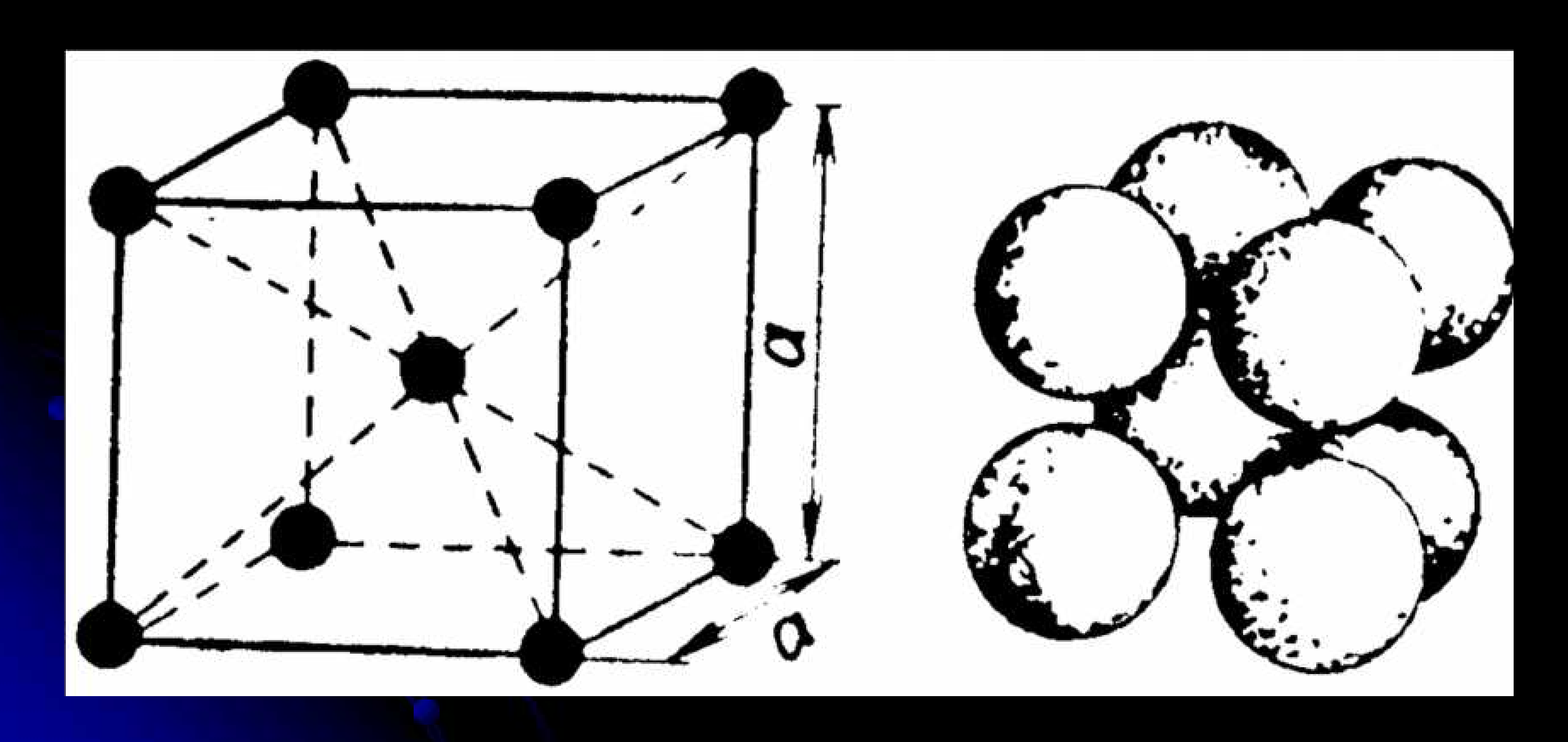
Prácticamente todos los materiales de ingeniería, cristalinos, de importancia comercial, en particular los metales, pertenecen a los sistemas cúbico y hexagonal.

Tipos de celdas cristalinas de mayor aplicación en Ingeniería:

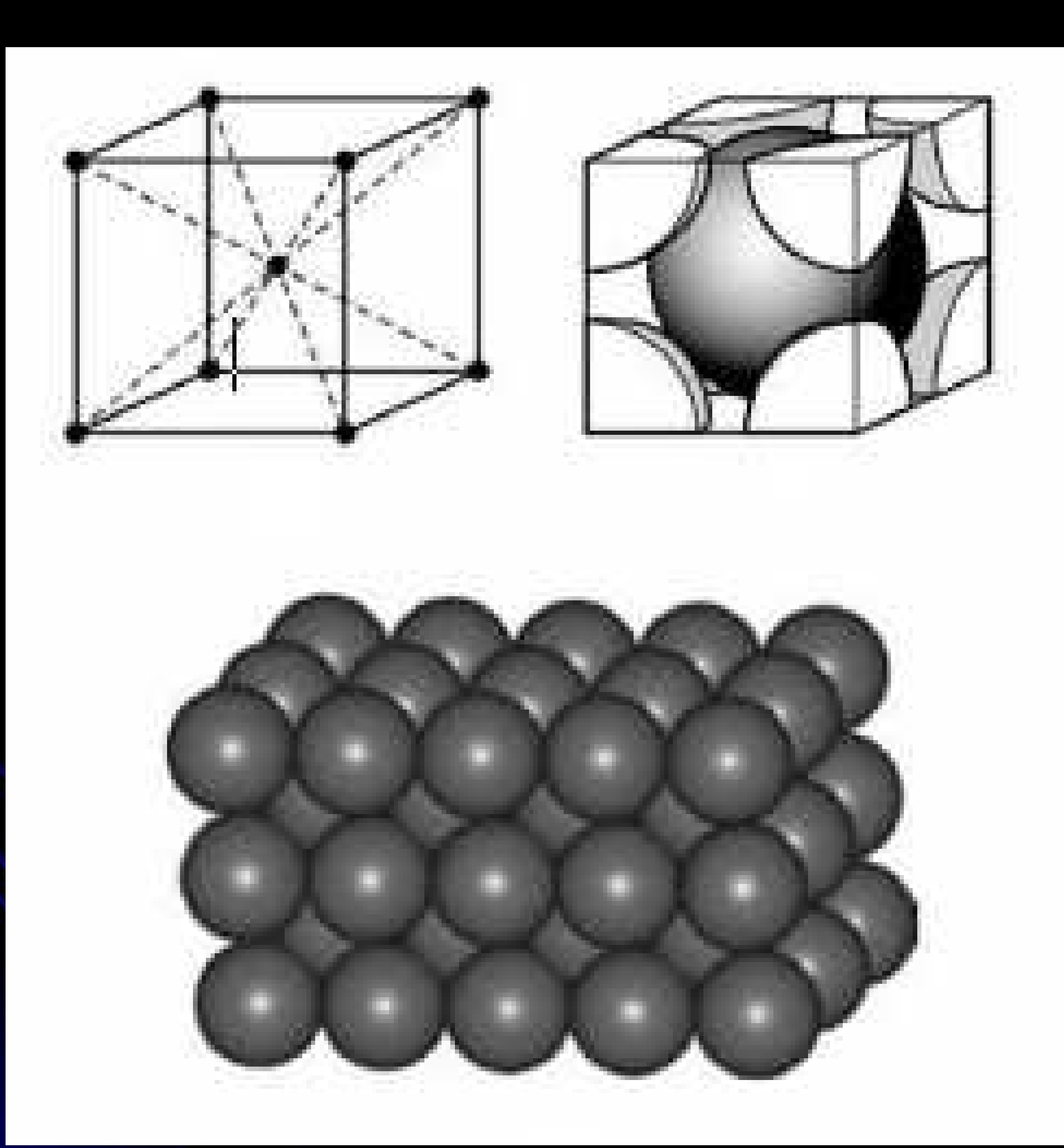
- **Cúbica de cuerpo centrado (bcc)**
- **Cúbica de caras centradas (fcc)**
- **Hexagonal compacta (hcp)**

RED CÚBICA DE CUERPO CENTRADO

Como indica su nombre un átomo está en el centro de la estructura cúbica y es equidistante de los ocho átomos de las esquinas

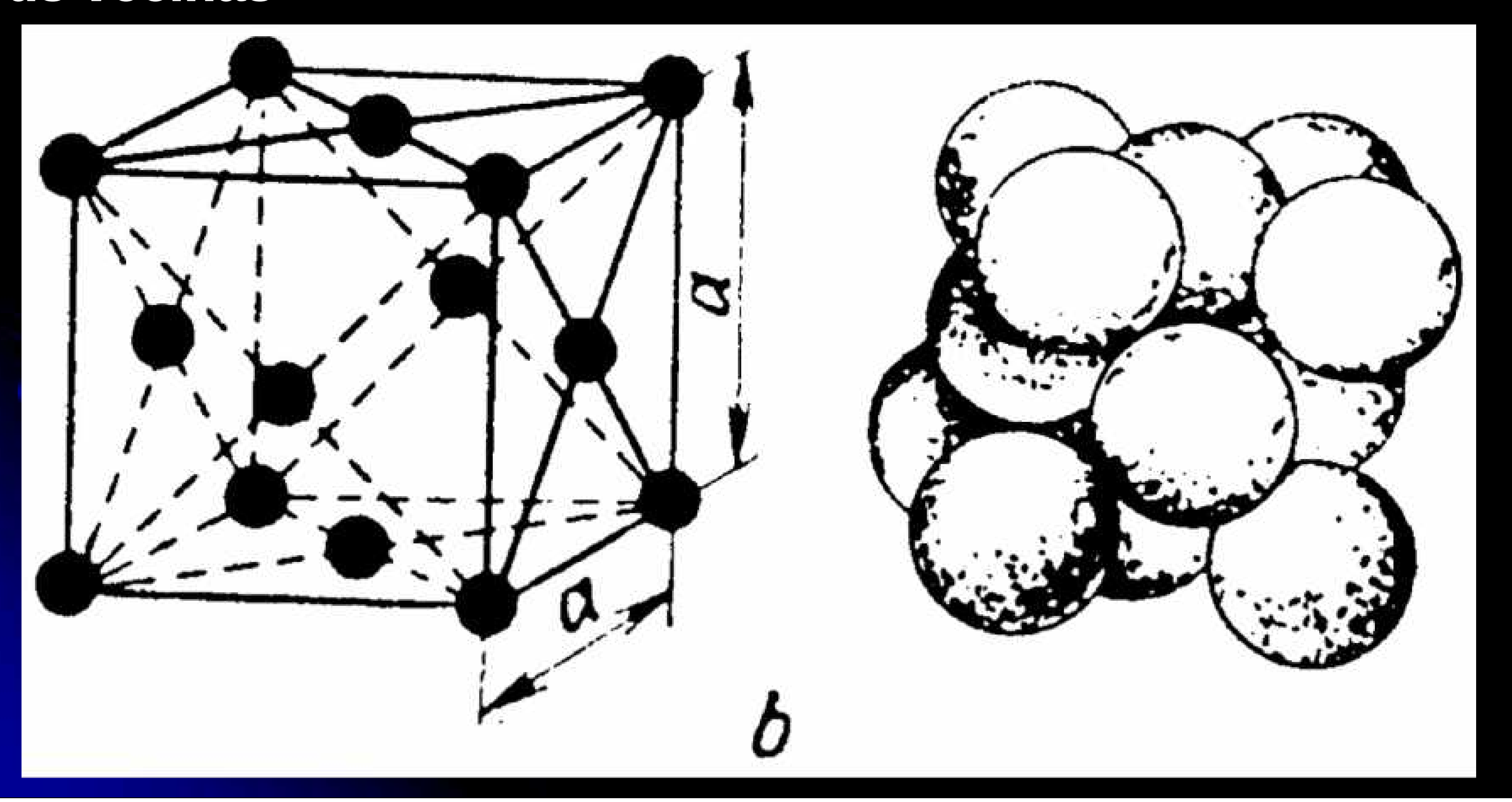


RED CÚBICA DE CUERPO CENTRADO

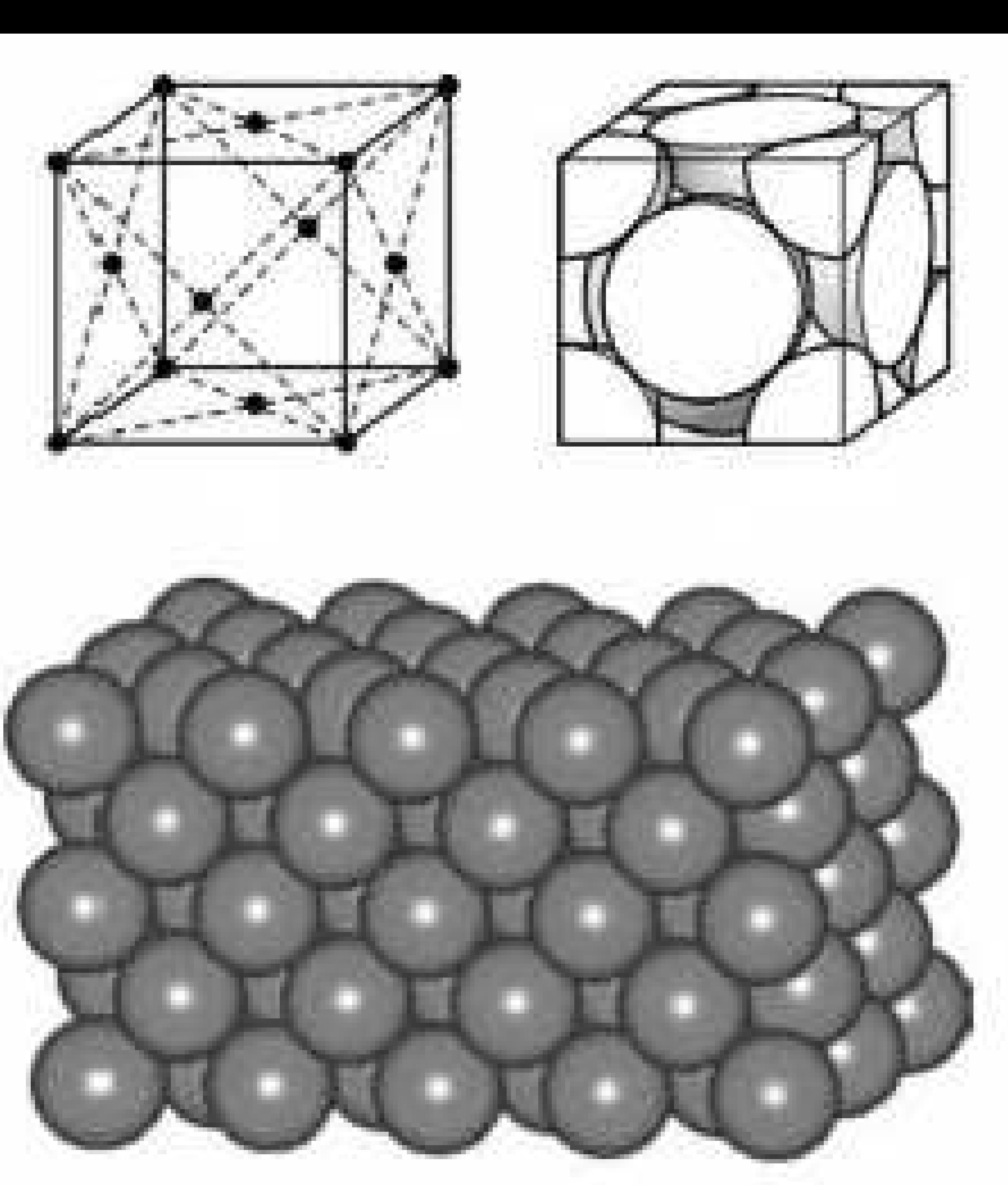


RED CÚBICA DE CARAS CENTRADAS

En cada cara del cubo existe un átomo colocado en ella además de los ocho átomos de esquina. Existen 6 átomos centrados en las caras que se comparten entre esta celda y sus vecinas

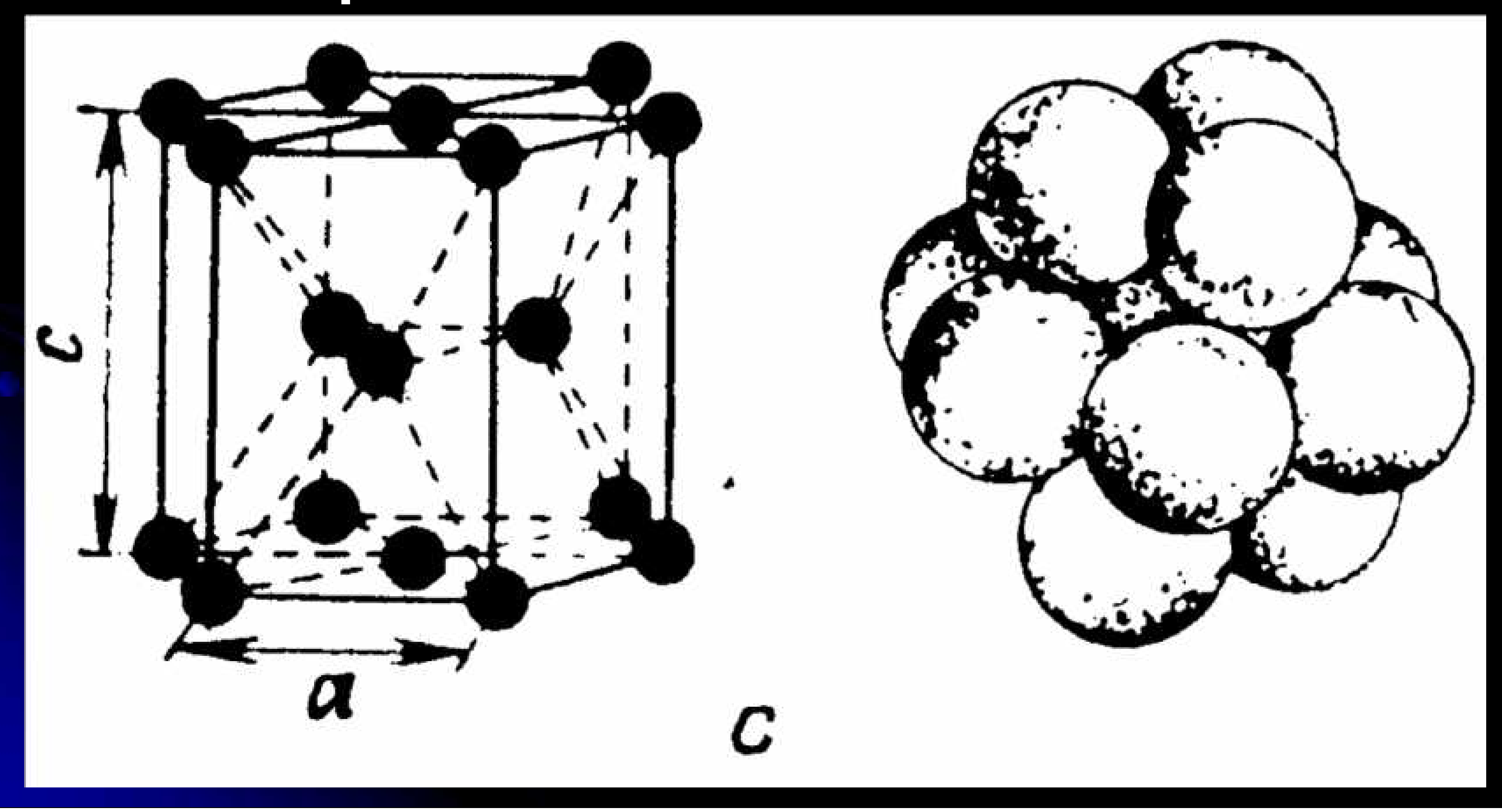


RED CÚBICA DE CARAS CENTRADAS

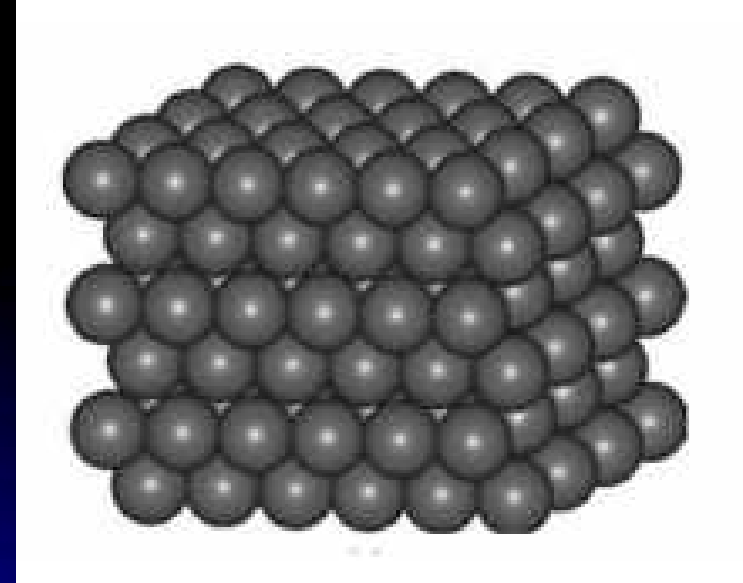


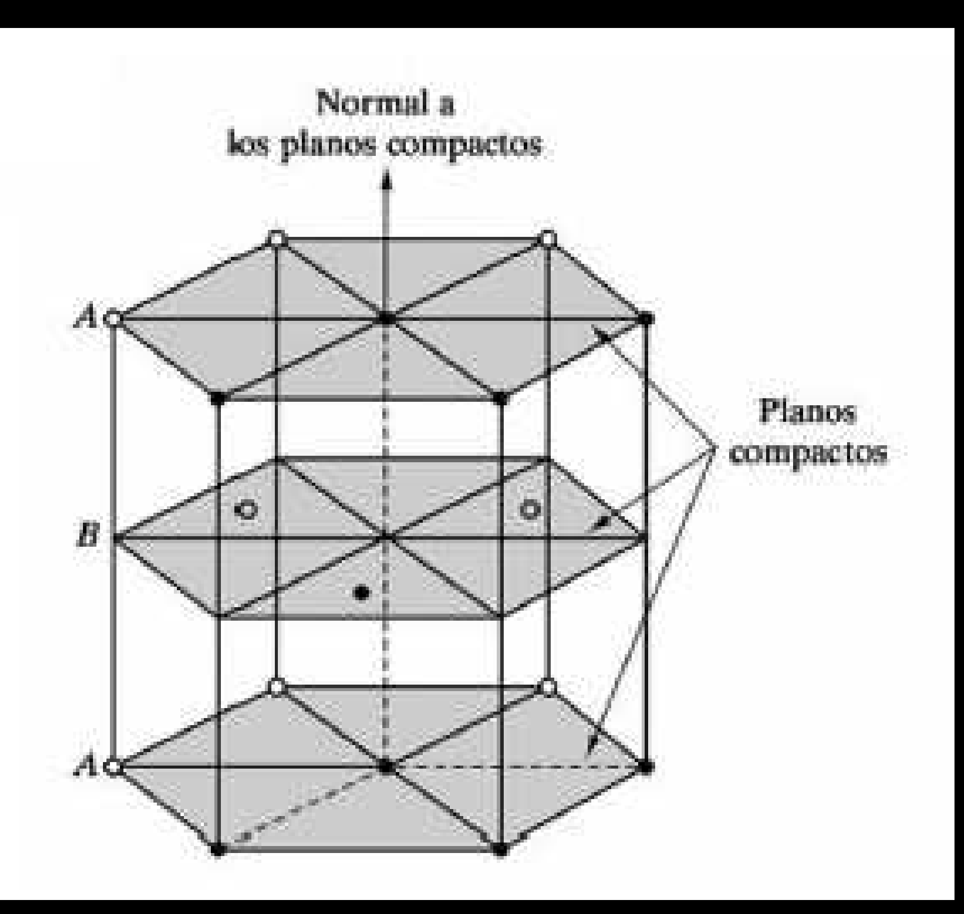
RED HEXAGONAL COMPACTA

Los átomos se hallan distribuidos en los vértices de un prisma hexagonal y en el centro de las bases del mismo, existiendo además otros tres átomos que se sitúan en los centros de los prismas.



RED HEXAGONAL COMPACTA





RED HEXAGONAL COMPACTA

